

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТОВ КАВИТАЦИИ

О.Н. Красуля<sup>1</sup>, И.Ю. Потороко<sup>2</sup>,  
О.В. Кочубей-Литвиненко<sup>3</sup>, А.К. Мухаметдинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» (Первый казачий университет), г. Москва,

<sup>2</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

<sup>3</sup> Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

Проблемы молочного производства, связанные с качеством молочного сырья в части его технологических свойств в настоящее время не утрачивают актуальности. Среди современных методов интенсификации молочного производства известны способы сверхвысокочастотной обработки в непрерывном и импульсном режиме, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, электроконтактный нагрев, обработка в электростатическом поле и другие. Вместе с тем мировой опыт позволяет рассматривать методы ультразвукового воздействия (УЗВ) как особенно перспективную технологию для молочной отрасли. Учеными доказано, что механические и химические эффекты, генерируемые низкочастотным ультразвуком высокой интенсивности, могут быть полезны для инактивации патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и находят применение в процессах пастеризации и стерилизации пищевых продуктов. В статье рассмотрены вопросы регулирования качества восстановленного молочного сырья и кисломолочных продуктов на основе применения эффектов кавитации. Показано благоприятное влияние ультразвуковых эффектов на технологические показатели восстановленных молочных продуктов. В образцах восстановленного сырья с использованием сонохимической водоподготовки отмечено незначительное повышение массовой доли сухих веществ, в том числе белка, а также показателей плотности и динамической вязкости. Исследование структурно-механических характеристик показало положительное изменение динамической вязкости и влагоудерживающей способности молочного сгустка в образцах, выработанных с использованием метода акустической кавитации, что можно считать косвенным признаком увеличения степени гидратируемости белка. Экспериментально доказана интенсивность и направленность развития симбиотической закваски в технологии кисломолочных продуктов при ультразвуковом воздействии, что тесно взаимосвязано с потребительскими достоинствами ферментированных молочных продуктов.

**Ключевые слова:** ультразвуковое воздействие, эффекты кавитации, сухие молочные продукты, кисломолочные продукты, ферментация, микрофлора, гидратация белков, качество.

### Введение

В современных промышленных технологиях значительная роль отводится нетрадиционным способам обработки, которые выполняют разнообразные функции – способствуют интенсификации производства, улучшают функциональные свойства продовольственного сырья и полученных на его основе пищевых продуктов, повышают их хранимоспособность, позволяют внедрять ресурсо- и энергосберегающие технологии. Известны способы сверхвысокочастотной обработки в непрерывном и импульсном режиме, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, электроконтактный нагрев, обработка в электростатическом поле и пр. Сегодня методы ультразвукового воздействия (УЗВ) определены

мировым научным сообществом как особенно перспективная технология для пищевой промышленности в целом и молочной отрасли в частности [7].

Использованию ультразвука в молочной промышленности посвящены работы Mason T.J., Ashokkumar M., Rink R., Suslik K., Villamiel M., Jambrak A.R., Herceg Z., Красули О.Н., Тихомировой Н.А., Потороко И.Ю., Шестакова С.Н., Хмелева В.Н., Дунаева С.А. и др. [6, 13, 14].

Многие инициируемые ультразвуком полезные реакции в растворах пищевых систем, по мнению одного из ведущих специалистов в области пищевой сонохимии Ashokkumar M. (Австралия), базируются на механизмах воздействия кавитации при денатурации биопо-

лимеров в их коллоидных растворах, реструктурировании гидратных оболочек ионов в истинных растворах и даже диспергировании фаз зольей, то есть при любых процессах, где объектом воздействия являются связи, образованные диполь-дипольными и ион-дипольными взаимодействиями [13].

Доказано, что механические и химические эффекты, генерируемые низкочастотным ультразвуком (УЗ) высокой интенсивности, могут быть полезны для инактивации патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и находят применение в процессах пастеризации и стерилизации жидких пищевых продуктов [1, 2].

Ультразвуковая технология ускоряет процесс экстрагирования биологически активных веществ из сырья, а в сочетании с сорбционными процессами способствует снижению уровня техногенных загрязнений в молоке [3].

Основная идея реализации эффектов, наблюдаемых при ультразвуковом воздействии в пищевой промышленности, состоит в том, что эффекты кавитации вызывают изменения функционально-технологических свойств жидких пищевых систем (химических, технологических, физических, органолептических и т. д.), что способствует достижению определенного технологического эффекта. Технология сонохимической водоподготовки может быть реализована в технологии молочных продуктов из восстановленного и рекомбинированного молочного сырья, а также в производстве молочных, составных и молокосодержащих продуктов [5].

### 1. Материалы и методы

В целях установления влияния ультразвуковой кавитации на качество продуктов переработки молока объектами исследования были выбраны молочный продукт, полученные на основе восстановленного и рекомбинированного молочного сырья; кисломолочные продукты, произведенные на основе восстановленного по разработанным технологиям молочного сырья.

В качестве акустического источника упругих колебаний применен реактор кавитационный ультразвуковой (РКУ) (Сертификат соответствия С–RU–TM05.B.00020 TP 1002178) с пьезокерамическим преобразователем, производитель – ООО «ПрофиРест-Консалт». Производительность установки составляет 0,36 м<sup>3</sup>/ч, что полностью удовлетво-

ряет промышленные потребности предприятий с небольшими объемами переработки. Реализуемый установкой метод обработки основан на использовании явления акустической кавитации, которое порождается упругими гармоническими колебаниями ультразвукового диапазона частоты, распространяемыми в жидкости источником ультразвука.

Сонохимическую водоподготовку осуществляли при мощности 45 %, 60 %, 80 % от паспортной мощности РКУ (1000 Вт) и температуре воды (20 ± 2), (40 ± 2) и (50 ± 2) °С.

В работе применялись стандартные и специальные методы оценки органолептических, физико-химических и микробиологических свойств молочного сырья и молочных продуктов. Для определения различных характеристик установленных объектов использовали действующую нормативную документацию, методы математического моделирования и обработки экспериментальных данных.

Для оценки микроструктуры кисломолочного продукта использовали анализатор Nanotrak Ultra 25 и анализатор Malvern Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Великобритания). Микроскопические исследования осуществляли на просвечивающем электронном микроскопе «Jeol JEM-2100» с разрешением до 0,19 nm. Результаты экспериментальных исследований подвергались статистической обработке путем корреляционного и прогрессивного анализа, реализованного с помощью стандартных пакетов программ Microsoft Office.

### 2. Результаты исследования и их обсуждение

В ходе работы проведено исследование влияния ультразвуковой кавитации на интенсификацию процессов восстановления сухих молочных продуктов, скорость течения биохимических процессов и преобразования компонентов восстановленного молочного сырья в технологии кисломолочных продуктов.

Было установлено, что индекс растворимости сухого молока и смесей, восстановленных на подготовленной воде, был на 0,1–0,2 см<sup>3</sup> меньше контроля, что свидетельствует о более полном растворении сухих веществ.

Известно, что эффективность процесса восстановления сухого молока, включающего стадии смачивания частиц и их растворения, характеризуется показателями относительной скорости растворения и индекса растворимости. Предварительная обработка воды способ-

ствует повышению интенсивности восстановления экспериментальных образцов по сравнению с контрольными (рис. 1). Так, на растворение сухого молока и сухих смесей в обработанной воде было затрачено от 3,0 до 6,0 мин в зависимости от вида восстанавливаемого сырья, а в контрольной воде – от 4,5 до 8,0 мин [4, 11].

Важным фактором, позволяющим обеспечить положительный результат, является выбор правильной точки для приложения воздействия. Исследование в части возможности модификации технологии восстановления сухого обезжиренного молока включением ультразвуковой обработки на этапах подготовки воды, обработки механической смеси воды и сухого обезжиренного молока, а также двухэтапной обработки ультразвуком показало:

– увеличение относительной скорости растворения (на 17,6...39,8 % по отношению к контролю);

– снижение индекса растворимости (на 37,5...75 %).

Более полное восстановление сухого молока отмечено в продукте, прошедшем двухэтапную УЗ-обработку, а также в образце, подвергнутом УЗ-обработке на этапе совмещения сухого обезжиренного молока и воды. Кроме того, достижение требуемой плотности восстановленных молочных продуктов было достигнуто за более короткий срок – 1...1,5 часа (по традиционной технологии время восстановления составляет 3...4 часа). Таким образом, под воздействием ультразвука наблю-

дается интенсификация процессов восстановления сухого молока [8, 9].

В образцах восстановленного сырья с использованием сонохимической водоподготовки отмечено незначительное повышение массовой доли сухих веществ, в том числе белка, а также показателей плотности и динамической вязкости. Данные дисперсного состава восстановленного молока (рис. 2 и 3), полученные в Южно-Уральском государственном университете (НИУ) показали эффективность влияния ультразвуковой кавитации на выравнивание частиц белка и лактозы по размеру. Так, под влиянием ультразвуковой кавитации увеличивается доля частиц с размерами в диапазоне 202...243 nm, в то время как контрольный образец характеризуется преобладанием частиц двух размерных фракций частиц размером  $(409 \pm 10)$  nm и  $(174 \pm 10)$  nm. При двухэтапной обработке наблюдается максимальное дробление частиц, выявлено значительное количество частицы в размерном ряду  $(202 \pm 30)$  nm [5, 6].

Дисперсионным анализом частиц цельной творожной сыворотки до и после ультразвукового воздействия, проведенным в Национальном университете пищевых технологий (Киев, Украина), подтвержден диспергирующий эффект ультразвукового воздействия. Анализ экспериментальных данных показал, что кривые распределения частиц в исходной творожной сыворотке имели пики в следующих размерных рядах: первый – до 550 nm, второй – 550–1500 nm, третий – свыше

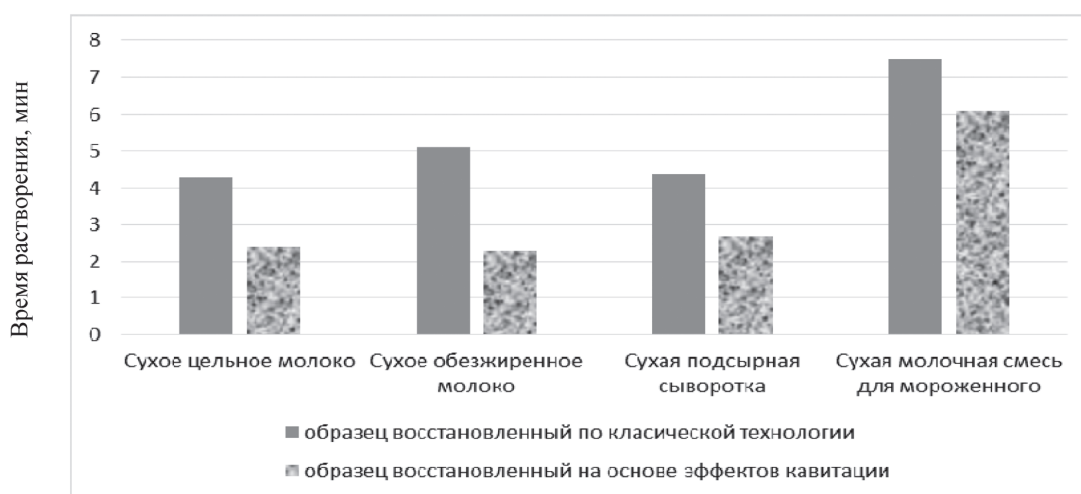


Рис. 1. Интенсивность растворения сухих молочных продуктов зависимости от способа водоподготовки, мин

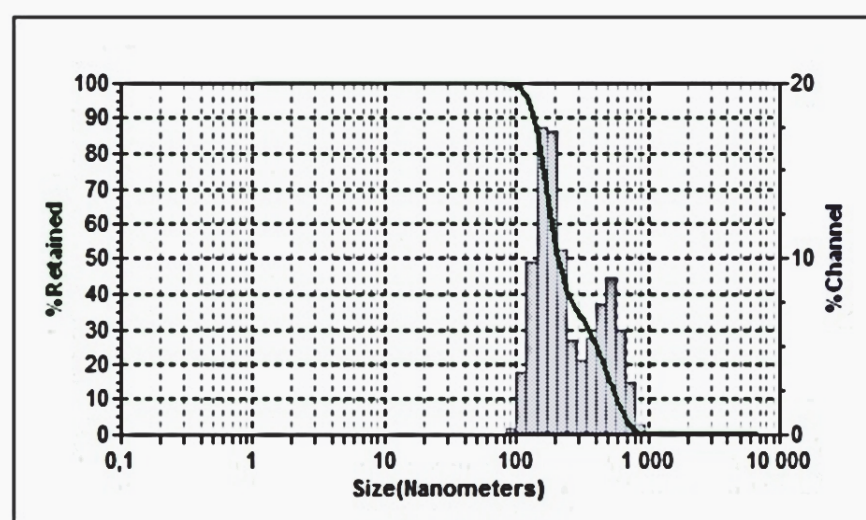


Рис. 2. Кривая распределения частиц в дисперсной системе восстановленного молока без кавитационного воздействия (контроль)

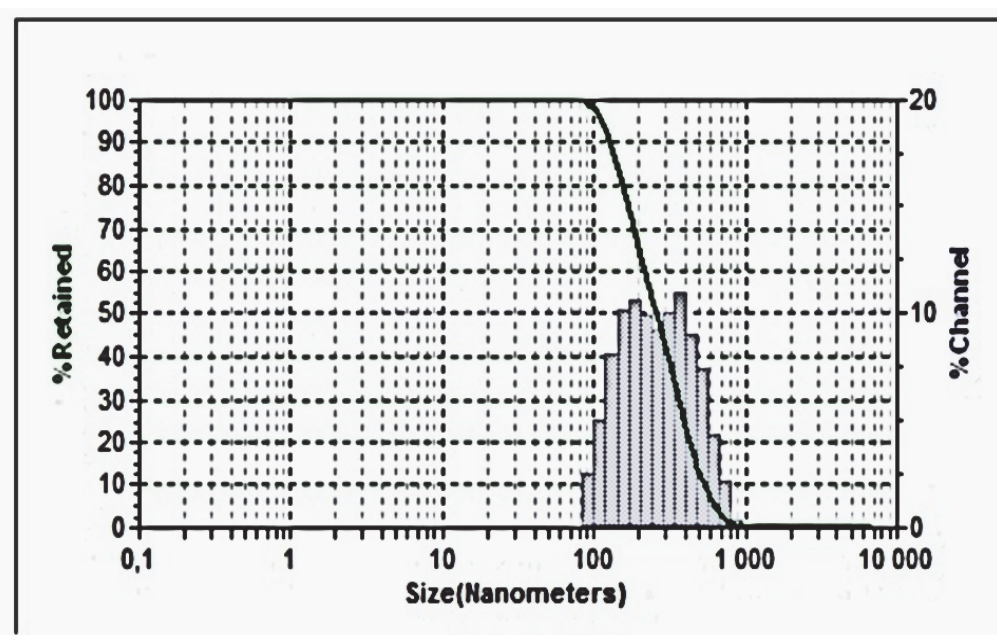


Рис. 3. Кривая распределения частиц в дисперсной системе восстановленного молока при кавитационной обработке воды

1500 nm. После ультразвукового воздействия наблюдалось перераспределение доли частиц в указанных размерных рядах и смещение пиков в диапазон первого и второго размерных рядов [4].

Установлено, что в исходной творожной сыворотке размер частиц находился преимущественно в диапазоне свыше 1,0  $\mu\text{m}$ . Причем доля частиц диаметром более 4,0  $\mu\text{m}$  составляла 54–58 % от их общего объема. Индекс

полидисперсности (PDI) был высок и составлял 0,9–1,0. После ультразвукового воздействия система приближалась к монодисперсной, о чем свидетельствовало снижение индекса PDI до 0,371–0,379. Объемная доля частиц размером свыше 550 nm стремилась к нулю и составляла не более 6,0–7,0 % от общего объема частиц.

Образование акустических потоков в среде продукта в ходе протекания кавитацион-

ных процессов обуславливает деструктивные изменения оболочек частиц компонентов смеси, по мере протекания данного процесса увеличивается площадь поверхности их соприкосновения с растворителем. Рядом учёных доказано, что под воздействием ультразвукового капиллярного эффекта происходит более интенсивное проникновение воды-растворителя в вещества белковой природы, составляющие значительную долю сухого продукта, что приводит к их более полному и краткосрочному набуханию, способствующему снижению индекса растворимости.

Исследование структурно-механических характеристик показало положительное изменение динамической вязкости и влагоудерживающей способности молочного сгустка в образцах, выработанных с использованием метода акустической кавитации, что можно считать косвенным признаком увеличения степени гидратуемости белка.

Сухие молочные продукты имеют высокую обсеменность, что объясняется кратковременностью нагрева и невысокой температурой при сушке. В них сохраняются все виды споровых микроорганизмов, термоустойчивые неспоровые виды микрококков, стрептококков, некоторые молочнокислые бактерии, а также споры мицелиальных грибов, которые могут вызывать их порчу – прокисание, плесневение даже при значительном увлажнении, а в последствии передаваться в виде пороков

в продукты переработки.

Экспериментально подтверждено, что сонохимическая обработка обладает определенным инактивирующим действием на микроорганизмы. Причем на снижение популяции мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и плесневых грибов оказывали влияние как мощность воздействия, так и температура обрабатываемой УЗ воды (рис. 4). Установлено, что практически полная инактивация микроорганизмов наблюдалась при обработке, когда мощность установки составляла 80 % от паспортной мощности РКУ и температуре  $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

Аналогичные результаты были получены при сонохимической обработке цельного коровьего молока, максимальный бактериостатический эффект наблюдался при 100 и 80 % мощности от паспортной. Следует отметить, что бактерии групп кишечной палочки отсутствовали во всех исследуемых образцах воды, обработанной в реакторе.

Полученные нами результаты согласуются с литературными данными и позволяют предположить, что эффекты кавитации при ультразвуковой обработке водной системы продукта приводят к повреждению молекулярных структур клеток и клеточных мембран, что, в свою очередь, обуславливает морфологические изменения и деструкцию клеток с частичной или полной потерей жиз-

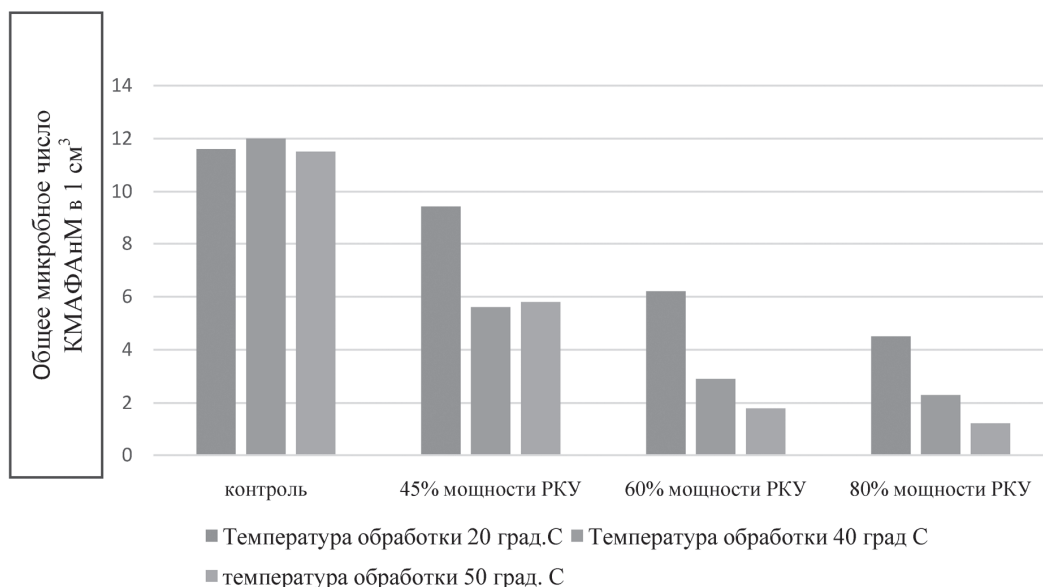


Рис. 4. Зависимость общего числа микроорганизмов от параметров кавитационного воздействия



неспособности микроорганизмов.

Примечательно также, что с технологической точки зрения при обработке цельного молока ультразвуком наблюдалось повышение его термоустойчивости на 1 (реже 2) группы по алкогольной пробе.

В технологии кисломолочных продуктов активностью молочнокислого брожения, а также свойствами сгустка, который при этом формируется, во многом определяется качество готовой кисломолочной продукции. Встраивание ультразвуковой обработки в технологическую схему производства диетических кисломолочных напитков показало, что под влиянием эффектов кавитации активизируется заквасочная микрофлора (см. таблицу) и уже через 5 часов сквашивания в продукции, полученной при воздействии ультразвука, наблюдается активное развитие заквасочной микрофлоры. Через десять часов брожения были идентифицированы дрожжи и уксуснокислые бактерии, характерные для симбиотической закваски кефирного грибка [10, 11].

Вязкость сгустков, формирующихся при сквашивании восстановленного на основе УЗВ молочного сырья, связана прежде всего с дисперсностью белковых частиц, т. е. чем она выше, тем более нежная, мягкая консистенция

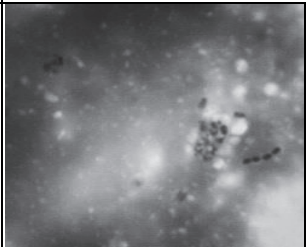

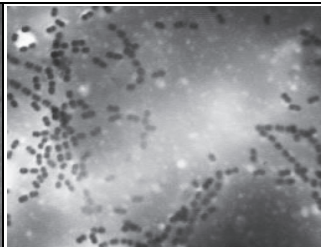
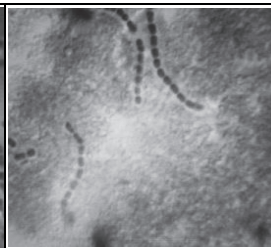

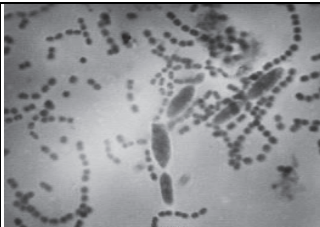
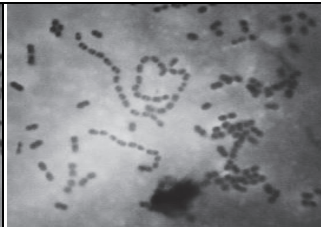
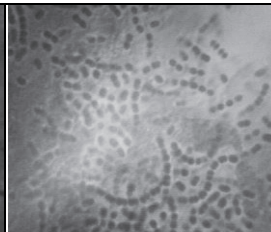
формируется, а также активизацией спиртового брожения, возбудителями которого являются молочные дрожжи. Их накоплению могло способствовать увеличение массовой доли лактозы в обработанных УЗ молочных средах. Вместе с тем некоторое снижение вязкости образцов кисломолочного продукта, полученных по разработанным технологиям, не обуславливает синерезиса продуктов, так они сохраняют устойчивую консистенцию длительное время, что возможно связать с влагоудерживающей способностью молочных белков и прежде всего казеина [5, 12].

По органолептическим показателям образцы кисломолочных продуктов имели некоторые различия в консистенции и оценках запаха и вкуса, были более привлекательными, что согласуется с результатами оценки вязкости и тенденциями в изменении кислотности, характеризующих активность протекания молочнокислого и спиртового брожения.

### Заключение

Проведенная работа дает основания рекомендовать сонохимическую обработку с использованием кавитационного ультразвукового реактора в технологии молочных продуктов на этапе: водоподготовки и восстановления сухих молочных продуктов; приготовления растворов труднорастворимых компо-

**Визуальная характеристика изменения микрофлоры кисломолочных напитков в течение периода сквашивания**

Кисломолочный напиток (контроль)	Кисломолочный напиток, полученный на основе УЗВ при восстановлении сухого молочного сырья (обезжиренного)		
	Одноэтапное воздействие на воду	Одноэтапное воздействие на механическую смесь	Двухэтапное воздействие
<b>Через 5 часов сквашивания</b>			
			
<b>Через 10 часов сквашивания</b>			
			

нентов и внесения стабилизационных систем; в качестве альтернативы термизации молочного сырья с целью замедления микробиологических процессов, улучшения его качества и продления сроков хранения как самого сырья, так и готового продукта.

### Литература

1. Артемова, Я.А. Ультразвуковая сонохимическая водоподготовка / Я.А. Артемова, О.Н. Красуля, Н.А. Тихомирова, С.Д. Шестаков // *Молочная промышленность*. – 2011. – № 5. – С. 39–42.
2. Богуш, В.И. Сонохимическая обработка молочных продуктов / В.И. Богуш, М. Ашоккумар, О.Н. Красуля и др. // *Переработка молока*. – 2011. – № 8. – С. 40–42.
3. Забодалова, Л.А. *Impact of detoxication methods on technological properties of crude dairy material* / Л.А. Забодалова, И.Ю. Потороко // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. – 2011. – № 2. – С. 82–90.
4. Красуля О.Н. *Пищевая сонохимия в технологии молочных продуктов* / О.Н. Красуля, В.И. Богуш, О.В. Кочубей-Литвиненко и др. // *Молочная река*. – 2014. – № 3(55). – С. 14–16.
5. Попова, Н.В. Обеспечение качества восстановленных продуктов переработки молока и интенсификация их производства на основе ультразвукового воздействия: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Попова. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2014.
6. Потороко, И.Ю. Влияние электрофизических методов воздействия на микроструктуру дисперсной среды коровьего молока / И.Ю. Потороко, И.В. Калинина // *Сборник научных трудов Sworld*. – 2010. – Т. 6, № 4. – С. 74–75.
7. Потороко, И.Ю. Системный подход в технологии водоподготовки для пищевых производств / И.Ю. Потороко, Р.И. Фаткуллин, Л.А. Цирульниченко // *Вестник ЮУрГУ*. Серия «Экономика и менеджмент». – 2013. – Т. 7. – № 3. – С. 154–159.
8. Потороко, И.Ю. Теоретическое и экспериментальное обоснование возможности использования электрофизического воздействия в формировании потребительских свойств восстановленных молочных продуктов / И.Ю. Потороко, Н.В. Попова // *Товаровед продовольственных товаров*. – 2013. – № 1. – С. 17–21.
9. Потороко, И.Ю. К вопросу о водоподготовке в технологии восстановленных молочных продуктов / И.Ю. Потороко, Н.В. Попова // *Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства*. – 2013. – № 1. – С. 275–277.
10. Тихомирова, Н.А. Перспективы использования сонохимической обработки в биотехнологии ферментированных молочных продуктах / Н.А. Тихомирова, О.В. Кочубей-Литвиненко // *Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: сборник научных трудов*. – М., 2014. – С. 276–281.
11. Тихомирова, Н.А. Кавитация; энергосбережение в производстве восстановленных молочных продуктов / Н.А. Тихомирова, Эль Могаззи А.Х., О.Н. Красуля и др. // *Переработка молока*. – 2011. – № 7. – С. 14–16.
12. Шестаков, С.Д. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко. – М.: Изд-во «ГИОРД», 2013. – 152 с.
13. Ashokkumar M. Hydrodynamic cavitation – an alternative to ultrasonic food processing / M. Ashokkumar, R. Rink, S. Shestakov // *Electronic Journal "Technical Acoustics"*. – 2011. – № 9. – <http://www.ejta.org>.
14. Maison, R. A brief history of the application of ultrasonics in food processing / R. Maison, K. Knoerzer // *19-th ICA Congress*. – Madrid, 2007.

**Красуля Ольга Николаевна.** Доктор технических наук, профессор, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского» (Первый казачий университет) (г. Москва), okrasulya@mail.ru.

**Потороко Ирина Юрьевна.** Доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Экспертиза и управление качеством пищевых производств», зам. директора Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), irina\_potoroko@mail.ru.

**Кочубей-Литвиненко Оксана.** Кандидат технических наук Национальный университет пищевых технологий (г. Киев, Украина), info@nuft.edu.ua

**Мухаметдинова Альфира Камильевна.** Кандидат биологических наук, доцент, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет) (г. Москва).

*Поступила в редакцию 10 января 2015 г.*

---

## INNOVATIVE APPROACHES IN DAIRY TECHNOLOGY BASED ON CAVITATION EFFECTS

**O.N. Krasulya<sup>1</sup>, I.Y. Potoroko<sup>2</sup>, O. Kotchubey-Litvinenko<sup>3</sup>, A.K. Muhametdinova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Moscow State University of Technologies and Management  
named after K.G. Razumovskiy, Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup> *South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

<sup>3</sup> *National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine*

Problems of the dairy industry, related to the quality of raw milk in terms of its technological properties are currently not losing relevance. Among the modern methods of intensification of dairy production methods are known microwave treatment in continuous and pulsed mode, ultraviolet and infrared radiation, electrical heating treatment in an electrostatic field and others. However, international experience allows us to consider methods of sonication (RAS) as a particularly promising technology for the dairy industry. Scientists have shown that the mechanical and chemical effects generated by the low frequency high intensity ultrasound may be useful for inactivating pathogens in foods and are used in the process of pasteurization and sterilization of food products. The article deals with the regulation of the quality of recovery of raw milk and dairy products by applying the effects of cavitation. Shown benefits of ultrasonic effects on technological parameters of the reconstructed dairy products. Samples reconstituted using sonochemical raw water, a slight increase in the mass fraction of solids, including the protein, as well as the densities and dynamic viscosity. Investigation of structural and mechanical properties showed a positive change in the dynamic viscosity and water-holding capacity of milk clot in the samples developed using the method of acoustic cavitation, which can be regarded as an indirect sign of increasing the degree of hydrated protein. Experimentally proved the intensity and direction of the leaven of the symbiotic technology of dairy products ultrasonic treatment, which is closely linked with consumer advantages of fermented dairy products.

**Keywords:** ultrasonic treatment, the effects of cavitation, dried milk products, dairy products, fermentation, microflora, hydration of proteins quality.

### References

1. Artemova, Ya.A., Krasulya O.N., Tikhomirova N.A., Shestakov S.D. [Ultrasonic Sonochemical Water Treatment]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry]. 2011, no. 5, pp. 39–42. (in Russ.)
2. Bogush V.I., Ashokkumar M., Krasulya O.N., Tikhomirova P.A., Shestakov S.D. [Sonochemical Processing of Dairy Products]. *Pererabotka moloka* [Processing of Milk]. 2011, no. 8, pp. 40–42. (in Russ.)



3. Zabolodova L.A., Potoroko I.Yu. Impact of Detoxication Methods on Technological Properties of Crude Dairy Material. *Scientific journal NRU ITMO. Ser. "Processes and Equipment for Food Production"*, 2011, no. 2, pp. 82–90.
4. Krasulya O.N., Bogush V.I., Kochubey-Litvinenko O.V. et al. [Food Sonochemistry in Dairy Technology]. *Molochnaya reka* [Milk River]. 2014, no. 3(55), pp. 14–16. (in Russ.)
5. Popova N.V. *Obespechenie kachestva vosstanovlennykh produktov pererabotki moloka i intensifikatsiya ikh proizvodstva na osnove ul'trazvukovogo vozdeystviya* [Ensuring the Quality of the Recovered Milk Processing Products and Intensification of Production on the Basis of Sonication]. Abstract dis. Cand. Techn. Sci. Kemerovo, 2014.
6. Potoroko I.Yu., Kalinina I.V. [Effect of Electro-Stimulation Methods on the Microstructure of the Dispersion Medium Cow's Milk]. *Sbornik nauchnykh trudov Sworld* [Collection of scientific Works Sworld]. 2010, vol. 6, no. 4, pp. 74–75. (in Russ.)
7. Potoroko I.Yu., Fatkullin R.I., Tsirul'nichenko L.A. The System Approach to Water Treatment Technology for Food Production. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2013, vol. 7, no. 3, pp. 153–158. (in Russ.)
8. Potoroko I.Yu., Popova N.V. [Theoretical and Experimental Study of the Possibility of Using Electrophysical Influence in the Formation of Consumer Properties of Reconstituted Milk Products]. *Tovarovodovol'stvennykh tovarov* [Goods Foodstuffs]. 2013, no. 1, pp. 17–21. (in Russ.)
9. Potoroko I.Yu., Popova N.V. [On the Issue of Water Treatment Technology in the Restored Dairy]. *Torgovo-ekonomicheskie problemy regional'nogo biznes-prostranstva* [Trade and Economic Problems of Regional Business Space]. 2013, no. 1, pp. 275–277. (in Russ.)
10. Tikhomirova N.A., Kochubey-Litvinenko O.V. [Prospects for the Use of Biotechnology in Sonochemical Processing of Fermented Milk Products]. *Perspektivnye fermentnye preparaty i biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov* [Promising Enzyme Preparations and Biotechnological Processes in Technologies of Food and Feed]. Collection of Scientific Papers. Moscow, 2014, pp. 276–281. (in Russ.)
11. Tikhomirova N.A., El' Mogazi A.Kh., Krasulya O.N., Shestakov S.D., Artemova Ya.A. [Cavitation; Energy Efficiency in the Production of Reconstituted Milk Products]. *Pererabotka moloka* [Processing of Milk]. 2011, no. 7, pp. 14–16. (in Russ.)
12. Shestakov S.D., Krasulya O.N., Bogush V.I., Potoroko I.Yu. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya obrabotki pishchevykh sred s ispol'zovaniem kavitatsionnoy dezintegratsii* [Technology and Equipment for Food Processing Environments Using Cavitation Disintegration]. Moscow, GIORP Publ., 2013. 152 p.
13. Ashokkumar M., Rink R., Shestakov S. Hydrodynamic Cavitation – an Alternative to Ultrasonic Food Processing. *Electronic Journal "Technical Acoustics"*, 2011, no. 9. Available at: <http://www.ejta.org>,
14. Maisson R., Knoerzer K. A Brief History of the Application of Ultrasonics in Food Processing. *19th ICA Congress*. Madrid, 2007.

**Krasulya Olga.** Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy (Moscow), [okrasulya@mail.ru](mailto:okrasulya@mail.ru).

**Potoroko Irina.** Ph.D., Associate Professor, Head. Chair of "Expertise and quality control of food production", the deputy Director of the Institute of Economy, Trade and Technology, South Ural State University, [irina\\_potoroko@mail.ru](mailto:irina_potoroko@mail.ru).

**Kochubey-Litvinenko Oksana.** Candidate of Technical Sciences, National University of Food Technologies (Kiev, Ukraine), [Info@nuft.edu.ua](mailto:Info@nuft.edu.ua)

**Muhametdinova Alfira.** Ph.D., Associate Professor, Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy (Moscow).

*Received 10 January 2015*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СТАТЬИ

Инновационные подходы в технологии молочных продуктов на основе эффектов кавитации / О.Н. Красуля, И.Ю. Потороко, О.В. Кочубей-Литвиненко, А.К. Мухаметдинова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 55–63.

#### REFERENCE TO ARTICLE

Krasulya O.N., Potoroko I.Y., Kochubey-Litvinenko O., Muhametdinova A.K. Innovative Approaches in dairy technology based on cavitation effects. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2015, vol. 3, no. 2, pp. 55–63. (in Russ.)